

(43) Date of publication of application: 09 . 07 . 99

**G06F 9/38**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(72) Inventor: **SAWAMURA AKIHIRO**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

Figure 1 is a block diagram of a video signal processing circuit. At the top, a series of input signals are shown: 21n, 21n-1, 21n-2, 21n-3, and 21n-4. Each signal is associated with a set of address labels (87n, 30n, 31n, 32n, 33n, 34n, 35n, 36n, 37n) and a corresponding data stream. These signals are fed into a block labeled '信号入力部' (Signal Input Section). The output of this section is connected to a '発信命令選択回路' (Transmission Command Selection Circuit). This circuit is also connected to a 'シフトレジスタ部' (Shift Register Section). The shift register section outputs to a 'V1信号発生回路' (V1 Signal Generation Circuit) and a 'V2信号発生回路' (V2 Signal Generation Circuit). These signals are then processed by a '例外発生命令及び管理制御回路' (Exception Command and Management Control Circuit), which outputs to a 'シフトレジスタ部' (Shift Register Section) and a '例外発生命令及び管理制御回路' (Exception Command and Management Control Circuit). The final output is a '例外発生命令及び管理制御回路' (Exception Command and Management Control Circuit).

**SOLUTION:** This device has a reorder buffer control information part for issuing instructions from among registered instructions in the reorder buffer, according to such order of a registered instruction that the condition for issuance arranged for it. The reorder buffer control information part has an entry number circulating part 25 for holding entry numbers in the reorder buffer for issuing instructions and sending the held entry number as an exception occurrence instruction entry number when an exception report is received concerning any instruction; a holding part 27 for holding the exception occurrence instruction entry number sent and its exception factor; and exception occurrence instruction entry number control circuit 26 for holding the exception factor and exception occurrence instruction entry number of the oldest instruction in the recorder buffer among exception occurrence instructions in the holding part 27.



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 複数のエントリを有するリオーダーバッファに一連の実行命令を登録して、該登録命令のうちから発行条件の整った順に命令を発行するリオーダーバッファ制御情報手段と、該発行された命令に基づいて処理を実行する命令実行処理手段と、を有する情報処理装置において、

前記命令実行処理手段が、発行命令を実行中に例外処理が発生した場合は、例外要因とともに例外報告を前記リオーダーバッファ制御情報手段に対して通知するよう構成され、

前記リオーダーバッファ制御情報手段が、

発行した命令の前記リオーダーバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該命令について前記命令実行処理手段から例外報告を受けると、保持しているエントリ番号を例外発生命令エントリ番号として送出するエントリ番号持ち回り手段と、

前記命令実行処理手段から通知された例外要因を保持するための第1の保持手段と、

前記エントリ番号持ち回り手段から送出された例外発生命令エントリ番号を保持するための第2の保持手段と、例外の発生した命令のうち前記リオーダーバッファ内で最も古い命令のものの例外要因および例外発生命令エントリ番号を前記第1および第2の保持手段に保持する制御手段と、を有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項2】 請求項1に記載の情報処理装置において、

前記制御手段が、

前記エントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号と前記例外発生命令エントリ番号保持手段に保持されている例外発生命令エントリ番号とを比較していずれが前記リオーダーバッファ内で古い命令のものであるかを判定する比較・判定手段を有し、該比較・判定手段により、前記エントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号の方が古いと判定されると、該命令の例外要因および例外発生命令エントリ番号を前記第1および第2の保持手段に保持させることを特徴とする情報処理装置。

【請求項3】 請求項2に記載の情報処理装置において、

前記命令実行処理手段が、

前記リオーダーバッファ制御情報手段から発行されたメモリアクセス系命令に基づいてアクセスされ、該アクセス中に例外処理が発生した場合は、例外要因とともに例外報告を前記リオーダーバッファ制御情報手段に対して通知するメモリ手段と、

前記リオーダーバッファ制御情報手段から発行された演算系命令に基づいて演算を実行し、該演算実行中に例外処理が発生した場合は、例外要因とともに例外報告を前記リオーダーバッファ制御情報手段に対して通知する演算手

段とから構成され、

前記エントリ番号持ち回り手段が、

発行したメモリアクセス系命令の前記リオーダーバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該メモリアクセス系命令について前記メモリ手段から例外報告を受けると、保持しているエントリ番号を例外発生命令エントリ番号として送出する第1のエントリ番号持ち回り手段と、

発行した演算系命令の前記リオーダーバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該演算系命令について前記演算手段から例外報告を受けると、保持しているエントリ番号を例外発生命令エントリ番号として送出する第2のエントリ番号持ち回り手段とから構成され、

前記比較・判定手段が、

前記第1のエントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号と前記第2のエントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号とを比較していずれが前記リオーダーバッファ内で古い命令のものであるかを判定する第1の比較・判定手段と、

前記第1のエントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号と前記第2の保持手段に保持されている例外発生命令エントリ番号とを比較していずれが前記リオーダーバッファ内で古い命令のものであるかを判定する第2の比較・判定手段と

前記第2のエントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号と前記第2の保持手段に保持されている例外発生命令エントリ番号とを比較していずれが前記リオーダーバッファ内で古い命令のものであるかを判定する第3の比較・判定手段とから構成され、

前記制御手段が、さらに、

前記第1の比較・判定手段の判定結果に基づいて古い方の命令の例外発生命令エントリ番号を選択する第1のセレクト手段と、

前記第1の比較・判定手段の判定結果に基づいて古い方の命令の例外要因を選択する第2のセレクト手段と、

前記第2の比較・判定手段により前記第1のエントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号の方が古いと判定された場合、または前記第3の比較・判定手段により前記第2のエントリ番号持ち回り手段から送出される例外発生命令エントリ番号の方が古いと判定された場合にのみ、前記第1および第2のセレクト手段にて選択された例外発生命令エントリ番号および例外要因を前記第1および第2の保持手段に保持させるストローブ手段と、を有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項4】 複数のエントリを有するリオーダーバッファに一連の実行命令を登録し、該登録命令のうちから発行条件の整った順に命令を発行して処理を行うパイプライン処理における割り込み処理方法において、発行した命令の前記リオーダーバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該命令について例外処理が発生する

と、その保持しているエン트리番号を例外発生命令エン  
 트리番号として獲得し、該例外発生命令エン트리番号と  
 ともにその例外要因を保持する第1のステップと、  
 新たに発行した命令に例外処理が発生すると、該新たな  
 例外処理発生により獲得した例外発生命令エン트리番号  
 と前回の例外処理発生により獲得した例外発生命令エン  
 트리番号とを比較していずれが前記リオーダバッファ内  
 で古い命令のものであるかを判定する第2のステップ  
 と、

前記判定結果が、新たな例外処理発生により獲得した例  
 外発生エン트리番号の方が古い命令のものである場合に  
 は、前回保持した例外発生エン트리番号および例外要因  
 に代えて該新たな例外処理発生により獲得した例外発生  
 命令エン트리番号とその例外要因を保持する第3のステ  
 ヱップと、  
 前記第3のステップにて最終的に保持される例外発生命  
 令エン트리番および例外要因に基づいて例外処理命令を  
 実行する第4のステップと、を含むことを特徴とする割  
 り込み処理方法。

【請求項5】 請求項4に記載の割り込み処理方法にお  
 いて、  
 前記リオーダバッファから発行される命令にメモリアク  
 セス系命令と演算系命令があり、  
 前記第1のステップが、  
 前記メモリアクセス系命令および演算系命令のそれぞれ  
 について、例外発生命令エン트리番号を獲得し、該例外  
 発生命令エン트리番号とともにその例外要因を保持する  
 ステップであり、  
 前記第2のステップが、  
 前記リオーダバッファに新たに登録される命令のエン  
 트리番号を示すリオーダバッファ先頭エン트리ポインタ  
 と、前記第1のステップにて獲得された前記演算系命令  
 に関する例外発生命令エン트리番号である演算系エン  
 트리番号と、前記第1のステップにて獲得された前記メモ  
 リアクセス系命令に関する例外発生命令エン트리番号で  
 あるメモリ系エン트리番号との関係が、  
 メモリ系エン트리番号<演算系エン트리番号<先頭エン  
 트리ポインタ

または、  
 先頭エン트리ポインタ<メモリ系エン트리番号<演算系  
 엔트리番号

または、  
 演算系エン트리番号<先頭エン트리ポインタ<メモリ系  
 엔트리番号  
 の何れかの条件を満たすときに、メモリ系エン트리番号  
 が演算系エン트리番号より古い命令のものであると判定  
 し、

演算系エン트리番号<メモリ系エン트리番号<先頭エン  
 트리ポインタ

または、

先頭エン트리ポインタ<演算系エン트리番号<メモリ系  
 엔트리番号

または、

メモリ系エン트리番号<先頭エン트리ポインタ<演算系  
 엔트리番号

の何れかの条件を満たすときに、演算系エン트리番号が  
 メモリ系エン트리番号より古い命令のものであると判定  
 するステップであることを特徴とする割り込み処理方  
 法。

10 【請求項6】 請求項5に記載の割り込み処理方法にお  
 いて、前記第2のステップが、前記リオーダバッファ先  
 頭エン트리ポインと、前記メモリ系エン트리番号と、前  
 回の例外処理発生により獲得した例外発生命令エン  
 트리番号との関係が、

メモリ系エン트리番号<例外発生エン트리番号<先頭エン  
 트리ポインタ

または、

先頭エン트리ポインタ<メモリ系エン트리番号<例外発  
 生엔트리番号

20 または、

例外発生エン트리番号<先頭エン트리ポインタ<メモリ  
 系엔트리番号

の何れかの条件を満たすときに、メモリ系エン트리番号  
 が前回の例外処理発生により獲得した例外発生命令エン  
 트리番号より古い命令のものであると判定する処理をさ  
 らに含むステップであることを特徴とする割り込み処理  
 方法。

【請求項7】 請求項5または請求項6に記載の割り込  
 み処理方法において、前記第2のステップが、

30 前記リオーダバッファ先頭エン트리ポインと、前記演算  
 系엔트리番号と、前回の例外処理発生により獲得した  
 例外発生命令엔트리番号との関係が、

演算系엔트리番号<例外発生엔트리番号<先頭エン  
 트리ポインタ

または、

先頭엔트리ポインタ<演算系엔트리番号<例外発生  
 엔트리番号

または、

例外発生엔트리番号<先頭엔트리ポインタ<演算系  
 엔트리番号

40

の何れかの条件を満たすときに、演算系エン트리番号が  
 前回の例外処理発生により獲得した例外発生命令エン  
 트리番号より古い命令のものであると判定する処理をさ  
 らに含むステップであることを特徴とする割り込み処理  
 方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リオーダバッファ  
 等を使用して命令追い越し制御が行われる情報処理装  
 置、さにはパイプライン処理における割り込み処理方法

に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】プロセッサの実行性能の向上を妨げる要因の一つにデータ制約がある。データ制約とは、ある命令の演算結果を参照する後続の命令は、先行する命令の実行が終了するまで実行を開始できないことをいう。このデータ制約のために、命令の実行を開始できず、プロセッサ内の演算パイプラインが停止し、実行性能の低下を引き起こされる。

【0003】昨今のマイクロプロセッサでは、このデータ制約によるプロセッサの実行性能の低下を最小限に抑えるため、リオーダーバッファ等を使用して命令のアウトオブオーダー（out of order）実行（非順序実行）をサポートするものが多い。リオーダーバッファとは、命令をフェッチ、デコードした後、それらの命令の実行条件が整うまで退避しておくバッファである。リオーダーバッファからの実際の命令実行開始は、元のプログラム順ではなく、実行条件が整ったものから順次実行開始される。これにより、前述したデータ制約によるプロセッサの実行性能の低下を抑えることができる。

【0004】ただし、リオーダーバッファからの命令の実行開始は、アウトオブオーダーであっても、リオーダーバッファからの命令の削除はインオーダー（in order）で行われる（順番に削除される）。そのため、同一のレジスタに実行結果を書き込む命令が複数あり、かつそれらの命令の実行順序がプログラムによる実行順序と入れ替わっていた場合、命令の実行終了と同時に演算結果をレジスタに書き込んでしまうと、そのレジスタの値を参照する命令が誤ったデータを参照することになる。したがって、すべての命令の実行結果は、リオーダーバッファ中の各命令に対応して、一旦レジスタとは別の領域に退避しておき、該退避領域からインオーダー実行でレジスタに実行結果を書き込むようにする必要がある。このように、退避領域からインオーダー実行でレジスタに実行結果を書き込む処理をリタイアと呼ぶ。上述した命令実行結果のレジスタへの書き込みと同様のことが、命令実行に伴う例外の処理にも当てはまる。

【0005】例外処理は、命令がアウトオブオーダー実行で行われていたとしても、正確な割り込みを実装する場合は、例外が発生した命令以前の先行命令がすべて実行を完了し、かつ実行結果がレジスタに書き込まれている状態で開始されなければならない。すなわち、命令の実行に伴い例外が発生しても、直ちに例外処理を開始することはできない。したがって、例外が発生した場合、該当する命令のリオーダーバッファ中のエントリに対応して例外が発生したことを示すフラグ、および例外の要因を示すフィールドが必要になる。

【0006】例外要因は、通常、複数がプロセッサのアーキテクチャに定義され、またそれらの要因は互いに排他であるとは限らない。このため、リオーダーバッファを

使用してアウトオブオーダー実行をするプロセッサで正確な割り込みをサポートする場合、そもその目的であるデータ制約による実行性能低下の軽減に必要なハードウェアだけでなく、例外要因を命令のリオーダーバッファからの削除タイミングまで保持する機構が、リオーダーバッファのエントリ数に応じて必要となる。

【0007】従来の情報処理装置の命令パイプラインを構成するリオーダーバッファ制御情報部の一例を図6に示し、以下に、その動作を説明する。なお、情報処理装置の命令パイプラインの概略構成については、後述の実施例の項目で詳しく説明することとし、ここではリオーダーバッファ制御情報の動作についてのみ説明する。

【0008】図6において、リオーダーバッファ中の各エントリにはオペコード、実行結果の書き込み先を示すデイスティネーションフィールド、各命令実行の入力データを示すRyソースおよびRzソース、対応する命令の命令アドレス、発行済みであるか否かを示すフラグ、実行が完了しリタイア待ちであることを示すDONEフラグの他に、各エントリの命令の実行で発生した例外要因を保持するフィールドが設けられている。

【0009】従来のリオーダーバッファ制御情報部では、リオーダーバッファ中の命令のリタイア時に、そのリタイアした命令に関する命令エントリの例外要因に何らかの例外の発生が登録されていた場合は、該命令の後続命令の情報をリオーダーバッファ中からパージ（除去）した後、該命令の例外要因に応じた例外処理シーケンスが起動される。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来技術においては、例えば複数の命令で例外が発生していても、最古の命令に対してのみ例外処理が起動されるため、それ以降の命令に対する例外要因の保持は無駄なものになってしまう。そのため、実際は、例外処理を起動するのに必要な例外要因としては、リオーダーバッファ中の最古の命令に対するものだけで良いことになる。また、アーキテクチャによっては、命令仕様上いかなる例外をも発生し得ない命令が存在する場合もある。このようなことから、従来技術においては、リオーダーバッファ中の全エントリに対し、使用しないかもしれない例外要因を保持するフィールドを付加していることになり、ハードウェア量の投資に対する性能面で不利なものとなっていた。

【0011】本発明の目的は、従来、リオーダーバッファのエントリ数に応じて必要とされていた、命令の実行に伴い発生した例外要因を保持するハードウェアを削減することができる情報処理装置および割り込み処理方法を提供することにある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の情報処理装置は、複数のエントリを有するリオーダーバッファに一連の実行命令を登録して、該登録

命令のうちから発行条件の整った順に命令を発行するリオーダーバッファ制御情報手段と、該発行された命令に基づいて処理を実行する命令実行処理手段と、を有する情報処理装置において、前記命令実行処理手段が、発行命令を実行中に例外処理が発生した場合は、例外要因とともに例外報告を前記リオーダーバッファ制御情報手段に対して通知するよう構成され、前記リオーダーバッファ制御情報手段が、発行した命令の前記リオーダーバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該命令について前記命令実行処理手段から例外報告を受けると、保持しているエントリ番号を例外発生命令エントリ番号として送出するエントリ番号持ち回り手段と、前記命令実行処理手段から通知された例外要因を保持するための第1の保持手段と、前記エントリ番号持ち回り手段から送出された例外発生命令エントリ番号を保持するための第2の保持手段と、例外の発生した命令のうち前記リオーダーバッファ内で最も古い命令のものの例外要因および例外発生命令エントリ番号を前記第1および第2の保持手段に保持する制御手段と、を有することを特徴とする。

【0013】また、本発明の割り込み処理方法は、複数のエントリを有するリオーダーバッファに一連の実行命令を登録し、該登録命令のうちから発行条件の整った順に命令を発行して処理を行うパイプライン処理における割り込み処理方法において、発行した命令の前記リオーダーバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該命令について例外処理が発生すると、その保持しているエントリ番号を例外発生命令エントリ番号として獲得し、該例外発生命令エントリ番号とともにその例外要因を保持する第1のステップと、新たに発行した命令に例外処理が発生すると、該新たな例外処理発生により獲得した例外発生命令エントリ番号と前回の例外処理発生により獲得した例外発生命令エントリ番号とを比較していずれが前記リオーダーバッファ内で古い命令のものであるかを判定する第2のステップと、前記判定結果が、新たな例外処理発生により獲得した例外発生エントリ番号の方が古い命令のものである場合には、前回保持した例外発生エントリ番号および例外要因に代えて該新たな例外処理発生により獲得した例外発生命令エントリ番号とその例外要因を保持する第3のステップと、前記第3のステップにて最終的に保持される例外発生命令エントリ番号および例外要因に基づいて例外処理命令を実行する第4のステップと、を含むことを特徴とする。

【0014】＜作用＞例外要因の保持のために必要となるハードウェアは、本来処理性能向上に特別寄与するものではなく、ハードウェア量の投資に対する性能向上割合の観点からも、できるだけ少量のハードウェアで実現することが望まれる部分である。また、例外処理は最古の命令に対してのみ起動されることから、例外要因で実際に例外処理開始時点で必要なのは、リオーダーバッファ中で最古の命令に対するものだけで良いことになり、複

数の命令で例外が発生していたとしても、後続命令に対する例外要因を保持する必要はない。このようなことから、本発明においては、リオーダーバッファ中で最古の命令に対する例外要因が保持されるようになっている。このように構成したことにより、例外要因の保持に必要なハードウェアは例えば1エントリ分で済むことになる。

【0015】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0016】図1に、本発明の情報処理装置の命令パイプラインを構成するリオーダーバッファ制御情報部の一実施形態を示す。このリオーダーバッファ制御情報部は、前述の図6に示したリオーダーバッファ制御情報部の各命令エントリから、例外要因フィールドを取り除き、かわりに例外発生命令エントリ保持部、例外発生命令エントリ番号制御部が追加された構成になっている。このリオーダーバッファ制御情報部を備えた情報処理装置の一実施形態を図2に示す。

【0017】以下、図1および図2を参照して、本情報処理装置の構成および動作について説明を行なう。

【0018】リオーダーバッファ制御情報部2は、命令バッファ1から読み出された命令を登録するnエントリのリオーダーバッファを有し、リオーダーバッファに一連の実行命令を登録して、該登録命令のうちから発行条件の整った順に命令を発行する他、発行した命令に例外処理が発生した場合には、その命令に関する例外要因などの保持処理を行う。リオーダーバッファ演算結果データ3は、各命令の実行結果を一時的に保持するnエントリのバッファで、リオーダーバッファ制御情報部2のエントリと1対1に対応する。すなわち、リオーダーバッファ制御情報部2のエントリmに登録された命令の実行結果は、リオーダーバッファ演算結果データ3のエントリmに登録される。

【0019】例外処理制御部5は、リオーダーバッファ制御情報部2からの指示により例外処理シーケンスを起動し、例外処理シーケンスが終了すると例外処理終了通知をリオーダーバッファ制御情報部2に送出する。リオーダーバッファ制御情報部2は例外処理終了通知を受信すると、通常状態に戻り、命令バッファ1からの命令取り込みや発行命令の選択制御等を行なう。

【0020】命令実行処理部11は、リオーダーバッファ制御情報部2から発行された命令に基づいて処理を実行する部で、発行命令を実行中に例外処理が発生した場合は、例外要因とともに例外報告をリオーダーバッファ制御情報部2に対して通知する。その構成は、キャッシュメモリ8、主記憶装置9、発行されたメモリ系命令に基づいてアクセスするアドレスを計算するアドレスアダー6、発行された演算系命令に基づいて演算をする演算器7からなる。演算器7は、演算処理中に例外処理が発生すると、例外要因とともに例外報告をリオーダーバッファ

制御情報部2に対して通知する（演算系命令例外報告）。キャッシュメモリ8は、アクセス処理中に、例外処理が発生すると、例外要因とともに例外報告をリオーダバッファ制御情報部2に対して通知する（メモリアクセス系命令例外報告）。

【0021】リネーム処理部10は、命令バッファ1から読み出された命令のソースオペランドをリネームする。ここでリネームとは、命令バッファ1から読み出した命令Aのソースオペランドが、既にリオーダバッファ制御情報部2に登録されている命令Bの演算結果を参照する場合に、リオーダバッファ制御情報部2中の命令Bの登録されているエントリ番号を命令Aのソースオペランドに対応するリネーム番号として付与することである。

【0022】リネームについて以下に詳細に説明する。

【0023】ここで命令コードは、図4に示すようなフォーマットである。OPフィールドは、命令種別を示す。Rxフィールドは、命令の演算結果を格納するレジスタファイル4内のエントリ番号を示す。RyおよびRzフィールドは、演算のソースオペランドである。

【0024】図5(a)に示すような命令列において、命令③は命令①の演算結果であるレジスタファイルのエントリ0（以下、S0と称す。）と命令②の結果であるレジスタファイルのエントリ4を参照する。このとき、図5(b)に示すように、命令①がリオーダバッファのエントリ1に、命令②がリオーダバッファのエントリn-4に登録されているとすると、命令③のオペランドリネームでは、ソースオペランドRyに対して「1」が付与され、ソースオペランドRzに対して「n-4」が付与される。

【0025】このようにソースオペランドをリネームすることで、図5(a)の命令④のようにS0を上書きする命令が存在し、かつ命令④が命令③を追い越して実行された場合でも、命令③は正しく命令①の演算結果を参照することができる。

【0026】命令バッファ1から読み出された命令は、リオーダバッファ制御情報部2に登録される。リオーダバッファ制御情報部2は、複数のエントリから構成されており、各エントリの命令の登録および抹消の順序は「インオーダー」実行で行われる。すなわち、リオーダバッファ制御情報部2がn個のエントリで構成される場合、エントリ0に最初の命令が登録され、その後エントリ1、エントリ2、…、エントリn-1の順に登録される。エントリn-1の次は、エントリ0に登録エントリが移る。ただし、この場合は、エントリ0に登録されていた先行命令が、既にリタイアし、エントリ0が空き状態でなければならない。この新規に命令を登録するエントリは、先頭エントリポインタ22により管理される。新規に命令をフェッチ／デコード／リオーダバッファ登録を行なうたびに、先頭エントリポインタ22は命令を

リオーダバッファに登録した数だけ歩進する。

【0027】また、リオーダバッファ制御情報部2からの命令の削除も同様に「インオーダー」で行われる。リオーダバッファ中の未発行の命令から発行すべき命令が選択され、実行が終了すると該命令に対応するエントリのDONEフラグが点灯する。該命令のエントリの抹消は、該命令のDONEフラグが点灯し、かつ、該命令の先行命令がすべて抹消されているとき（すなわち、該命令がリオーダバッファ中の最古の命令であるとき）にリタイア制御部24からのリタイア指示信号に基づいて行われる。ここで、リオーダバッファ制御情報部2から命令が抹消される時、同時にリオーダバッファ演算結果データ3内の対応するデータがレジスタファイル4の、命令により指定されたエントリに書き移される。この動作をリタイアというが、リタイアの対象となる、リオーダバッファ中で最古のエントリは、リタイアエントリポインタ30により指し示されるようになっている。このリタイアエントリポインタ30は、リタイア制御部24からのリタイア指示信号により歩進する。

【0028】リオーダバッファ中の命令の発行は「アウトオーダー」実行で行われる。すなわち、リオーダバッファ中の命令の登録順序と関わりなく、発行条件の整った命令のうちから発行命令が選択される。

【0029】リオーダバッファから発行選択された命令が演算命令であった場合は、演算器7への入力データがリオーダバッファ演算結果データ3あるいはレジスタファイル4から読み出され、演算器7に投入される。演算結果はリオーダバッファ演算結果データ3の該命令に対応するエントリに書き込まれる。命令実行時に演算例外が発生した場合は、演算器7によって、例外要因とともに例外報告がリオーダバッファ制御情報部2に対し通知される（演算系命令例外報告）。

【0030】リオーダバッファから発行選択された命令がメモリアクセス系の命令であった場合は、アドレスオペランドデータがリオーダバッファ演算結果データ3あるいはレジスタファイル4から読み出され、アドレスアダー6に投入されてアクセスするメモリアドレスが計算される。ここで、命令がストア系命令の場合は、ストアデータが同様にリオーダバッファ演算結果データ3あるいはレジスタファイル4から読み出されてキャッシュメモリ8に通知される。ロード系命令のロードデータは、リオーダバッファ演算結果データ3の該命令に対応するエントリに書き込まれる。また、命令実行時に例外が発生した場合は、キャッシュメモリ8によって、例外要因とともに例外報告がリオーダバッファ制御情報部2に対して通知される（メモリアクセス系命令例外報告）。

【0031】次に、リオーダバッファ制御情報部2について詳細に説明する。

【0032】リオーダバッファ制御情報部2は、図1に示すように、命令エントリ21、…、21n、先頭エントリ

ポインタ 2 2、発行命令選択回路 2 3、リタイア制御回路 2 4、エントリ番号持ち回り部 2 5、例外エントリ番号制御回路 2 6、例外要因保持部 2 7、例外処理要求生成部 2 8 からなる。

【0033】命令エントリ 2 1<sub>1</sub>~2 1<sub>n</sub>はそれぞれ、オペコード 3 7<sub>1</sub>~3 7<sub>n</sub>、ディスティネーションフィールド 3 0<sub>1</sub>~3 0<sub>n</sub>、Ry ソース 3 1<sub>1</sub>~3 1<sub>n</sub>、Rz ソース 3 2<sub>1</sub>~3 2<sub>n</sub>、Ry リネーム番号 3 3<sub>1</sub>~3 3<sub>n</sub>、Rz リネーム番号 3 4<sub>1</sub>~3 4<sub>n</sub>、命令アドレスフィールド 3 5<sub>1</sub>~3 5<sub>n</sub>、発行済みフラグ 3 6<sub>1</sub>~3 6<sub>n</sub>、DONE フラグ 3 8<sub>1</sub>~3 8<sub>n</sub>を備える。ディスティネーションフィールド 3 0<sub>1</sub>~3 0<sub>n</sub>には、各命令によって指定される、実行結果のレジスタファイル中の書き込みエントリの番号が登録される。これはすなわち、図 4 の命令フィールドに示す Rx フィールドである。Ry ソース 3 1<sub>1</sub>~3 1<sub>n</sub>と Rz ソース 3 2<sub>1</sub>~3 2<sub>n</sub>は、命令によって指定される、各命令の演算入力データが格納されているレジスタファイル中のエントリ番号が登録される。これはすなわち、図 4 の命令フィールドに示す Ry および Rz フィールドである。命令アドレスフィールド 3 5<sub>1</sub>~3 5<sub>n</sub>には、各命令のアドレスが登録される。発行済みフラグ 3 6<sub>1</sub>~3 6<sub>n</sub>は、エントリの命令が発行されたことを示す。発行済みフラグ 3 6<sub>1</sub>~3 6<sub>n</sub>は、命令が発行されるときにセットされ、該命令がリオーダバッファから削除されるときにリセットされる。DONE フラグ 3 8<sub>1</sub>~3 8<sub>n</sub>は、エントリの命令の実行が終了しリタイア待ち状態であることを示す。

【0034】発行命令選択回路 2 3 は、命令エントリ 2 1<sub>1</sub>~2 1<sub>n</sub>に登録されている命令のうち発行条件の整った命令を選択し発行する。このとき、発行した命令のリオーダバッファ中のエントリ番号がエントリ番号持ち回り部 2 5 に送出される。エントリ番号持ち回り部 2 5 は、発行した命令の例外報告タイミングまでこのエントリ番号を持ちまわったのち、例外エントリ番号制御回路 2 6 に送出する。

【0035】また、発行命令選択回路 2 3 は、命令の発行と同時に、発行した命令のリオーダバッファ中のエントリの発行済みフラグをセットする。複数の命令を同時に発行した場合は、それらの命令のリオーダバッファ中のエントリの発行済みフラグをセットする。そして、発行した命令の実行が終了すると同時に、該命令のリオーダバッファ中のエントリの DONE フラグをセットする。

【0036】本実施例においては、同時に発行される命令は演算系命令で 1 個、メモリアクセス系命令で 1 個の合計 2 個までとするが、これに限定されるものではない。例えば、演算系命令の同時発行個数が 2 以上であっても、またメモリアクセス系命令の同時発行個数が 2 以上であっても良い。この場合の同時発行個数の変更は容易であり、また本発明の趣旨とは直接関係はない。

【0037】保持部 2 7 は、演算器 7 およびキャッシュメモリ 8 から通知された例外発生命令エントリ番号および例外要因を保持するための手段で、その構成は、演算器 7 からの演算系命令例外報告の有無を示すフラグである演算系例外報告 V とキャッシュメモリ 8 からのメモリアクセス系命令例外報告の有無を示すフラグであるメモリ系例外報告 V とから構成される例外発生命令エントリ番号 V 2 7 a と、例外発生命令エントリ番号を保持するための例外発生命令エントリ番号保持部 2 7 b と、例外要因を保持するための例外要因保持部 2 7 c と、からなる。

【0038】例外エントリ番号制御回路 2 6 は、例外の発生した命令のうちリオーダバッファ内で最も古い命令のものの例外要因および例外発生命令エントリ番号を保持部 2 7 に保持する制御手段である。この例外エントリ番号制御回路 2 6 は、エントリ番号持ち回り部 2 5 から送出される例外発生命令エントリ番号と例外発生命令エントリ番号保持部 2 7 b に保持されている例外発生命令エントリ番号とを比較していずれがリオーダバッファ内で古い命令のものであるかを判定する比較・判定手段を有し、該比較・判定手段により、エントリ番号持ち回り部 2 5 から送出される例外発生命令エントリ番号の方が古いと判定されると、該命令の例外要因および例外発生命令エントリ番号を例外要因保持部 2 7 c および例外発生命令エントリ番号保持部 2 7 b に保持させるようになっている。

【0039】以下、上記の例外エントリ番号制御回路 2 6 について図 3 を参照して詳細に説明する。以下の説明では、エントリ番号持ち回り部 2 5 が、発行したメモリアクセス系命令のリオーダバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該メモリアクセス系命令についてキャッシュメモリ 8 から例外報告を受けると、保持しているエントリ番号を例外発生命令エントリ番号として送出する第 1 のエントリ番号持ち回り手段と、発行した演算系命令のリオーダバッファ中におけるエントリ番号を保持し、該演算系命令について演算器 7 から例外報告を受けると、保持しているエントリ番号を例外発生命令エントリ番号として送出する第 2 のエントリ番号持ち回り手段を備えているものとする。

【0040】図 3 において、論理回路 2 6 a は、リオーダバッファ先頭エントリポインタ 2 2、演算系例外報告 V (図 2 の演算系命令例外報告の有無を示すフラグ)、エントリ番号持ち回り部 2 5 から演算器例外報告タイミングに同期して送出される演算系エントリ番号、メモリ系例外報告 V (図 2 のメモリアクセス系命令例外報告の有無を示すフラグ)、およびメモリ系エントリ番号に基づいて、同時に報告された演算系エントリ番号とメモリ系エントリ番号のうち何れがリオーダバッファ中で古いエントリであるかを判定する。同時に例外報告をする、演算系命令およびメモリアクセス系命令のうち、リオー



ダバッファ中で古い命令の例外報告を、例外発生命令エントリ番号保持部 27b および例外要因保持部 27c に登録させる。以下の①、②の場合には、論理回路 26a は、メモリ系命令のエントリ番号が古いと判定し、「1」を出力する。

【0041】①演算系例外報告Vとメモリ系例外報告Vが両方とも点灯しているとき、

メモリ系エントリ番号<演算系エントリ番号<先頭エントリポインタ

または、

先頭エントリポインタ<メモリ系エントリ番号<演算系エントリ番号

または、

演算系エントリ番号<先頭エントリポインタ<メモリ系エントリ番号

の何れかの条件を満たすとき

②メモリ系例外報告Vのみ点灯しているとき

上述のようにして論理回路 26a によりメモリ系命令の方が古いと判定されたときは、セクタ 27d はメモリ系エントリ番号を選択し、セクタ 27e はメモリ系例外要因を選択する。

【0042】なお、演算系例外報告Vとメモリ系例外報告Vが両方とも点灯しているとき、

演算系エントリ番号<メモリ系エントリ番号<先頭エントリポインタ

または、

先頭エントリポインタ<演算系エントリ番号<メモリ系エントリ番号

または、

メモリ系エントリ番号<先頭エントリポインタ<演算系エントリ番号

の何れかの条件を満たすときには、論理回路 26a は、演算系エントリ番号がメモリ系エントリ番号より古い命令のものであると判定する。

【0043】論理回路 26b は、リオーダバッファ先頭エントリポインタ 22、例外発生命令エントリ番号 V 27a、例外発生命令エントリ番号保持部 27b、メモリ系例外報告V、メモリ系エントリ番号に基づいて、例外発生エントリ番号とメモリ系エントリ番号のうち何れがリオーダバッファ中で古いエントリであるかを判定する。例外発生エントリ番号に対応する命令よりもメモリ系エントリ番号に対応する命令が古い命令であった場合には、例外発生エントリ番号保持部 27b および例外要因保持部 27c を更新する必要がある。以下の①、②の場合には、論理回路 26b は、メモリ系命令のエントリ番号が古いと判定し、「1」を出力する。

【0044】①例外発生エントリ番号 V 27a とメモリ系例外報告Vが両方とも点灯しているとき、メモリ系エントリ番号<例外発生エントリ番号<先頭エントリポインタ

または、

先頭エントリポインタ<メモリ系エントリ番号<例外発生エントリ番号

または、

例外発生エントリ番号<先頭エントリポインタ<メモリ系エントリ番号

の何れかの条件を満たすとき。

【0045】②メモリ系例外報告Vのみ点灯しているとき

10 論理回路 26c は、リオーダバッファ先頭エントリポインタ 22、例外発生エントリ番号 V 27a、例外発生エントリ番号保持部 27b、演算器例外報告V、エントリ番号持ち回り部 25 から演算器例外報告タイミングに同期して送出される演算系エントリ番号に基づいて、例外発生エントリ番号と演算系エントリ番号のうち何れがリオーダバッファ中で古いエントリであるかを判定する。例外発生エントリ番号に対応する命令よりも演算系エントリ番号に対応する命令が古い命令であった場合には、例外発生エントリ番号保持部 27b および例外要因保持部 27c を更新する必要がある。以下の①、②の場合には、論理回路 26c は、演算系エントリ番号が古いと判定し、「1」を出力する。

【0046】①例外発生エントリ番号 V 27a と演算器例外報告Vが両方とも点灯しているとき、

演算系エントリ番号<例外発生エントリ番号<先頭エントリポインタ

または、

先頭エントリポインタ<演算系エントリ番号<例外発生エントリ番号

または、

例外発生エントリ番号<先頭エントリポインタ<演算系エントリ番号

の何れかの条件を満たすとき。

【0047】②演算系例外報告Vのみ点灯しているとき  
上述の例外エントリ番号制御回路 26 では、論理回路 26b、26c の出力を入力とする OR 回路 26d よりなるストロブ手段が、論理回路 26b、26c の比較結果に基づいて、例外発生命令エントリ番号保持部 27b および例外要因保持部 27c における保持内容を更新する。具体的には、論理回路 26b によりメモリ系例外エントリ番号が例外発生エントリ番号保持部 27b より古い命令であると判断されたとき、または論理回路 26c により演算系例外エントリ番号が例外発生エントリ番号保持部 27b より古い命令であると判断されたとき、OR ゲート 26d の出力が 1 となり、例外発生エントリ番号 V 27a、例外発生エントリ番号保持部 27b、例外要因保持部 27c が更新される。

【0048】以上の動作により、初めてメモリ系例外や演算系例外が発生したとき、またはすでに例外発生エントリ番号保持部 27b に例外発生エントリ番号が登録さ

れていても新たな例外が発生したときに、その例外に対応する命令のリオーダバッファ中のエントリ番号および該命令の例外要因がそれぞれ例外発生エントリ番号保持部27bおよび例外要因保持部27cに正しく登録される。

【0049】例外処理制御部5に対する例外処理要求は、例外処理要求生成部28によって以下のようにして生成される。

【0050】リタイアエントリポインタ30と例外発生エントリ番号保持部27bの内容がコンパレータ281により比較される。さらに、コンパレータ28aの出力と例外発生エントリ番号V27a、リタイア制御部24からのリタイア指示信号がANDゲート28bに入力され、その出力が例外処理要求として例外処理部5に送出される。

【0051】例外が発生した命令の命令アドレスは、以下のようにして求められる。

【0052】リオーダバッファ制御情報部2内の各エントリ21<sub>1</sub>～21<sub>n</sub>の命令アドレスフィールドがセレクタに入力され、例外発生エントリ番号保持部27bにより選択される。該選択結果が、例外の発生した命令の命令アドレスである。この例外発生命令アドレスは、例外処理要求が立っていないときは無効とされる。

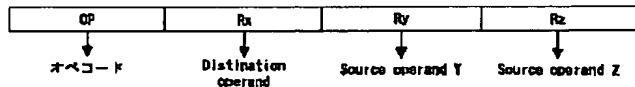
【0053】

【発明の効果】以上説明したように構成される本発明によれば、命令追い越しバッファの各エントリの命令に対応して例外要因を保持する必要がないので、例外要因の保持に必要なハードウェアは例えば1エントリ分で済むことになり、ハードウェア量を大幅に削減することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の情報処理装置のリオーダバッファ制御＊

【図4】



＊情報の一実施形態を示すブロック図である。

【図2】図1に示すリオーダバッファ制御情報部を備えた情報処理装置の一実施形態を示すブロック図である。

【図3】図1に示す例外エントリ番号制御回路26の一構成例を示すブロック図である。

【図4】リネーム処理における命令コードの一フォーマット例を示す図である。

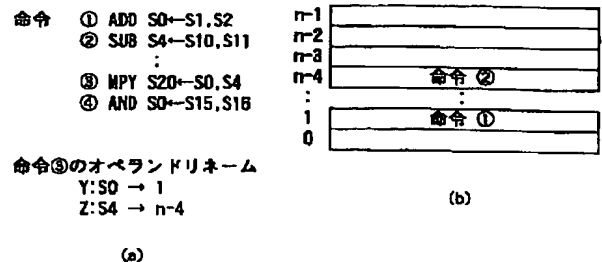
【図5】オペランドリネームにおける命令実行手順の一例を示す図である。

【図6】従来の情報処理装置の命令パイプラインを構成するリオーダバッファ制御情報部の一構成例を示すブロック図である。

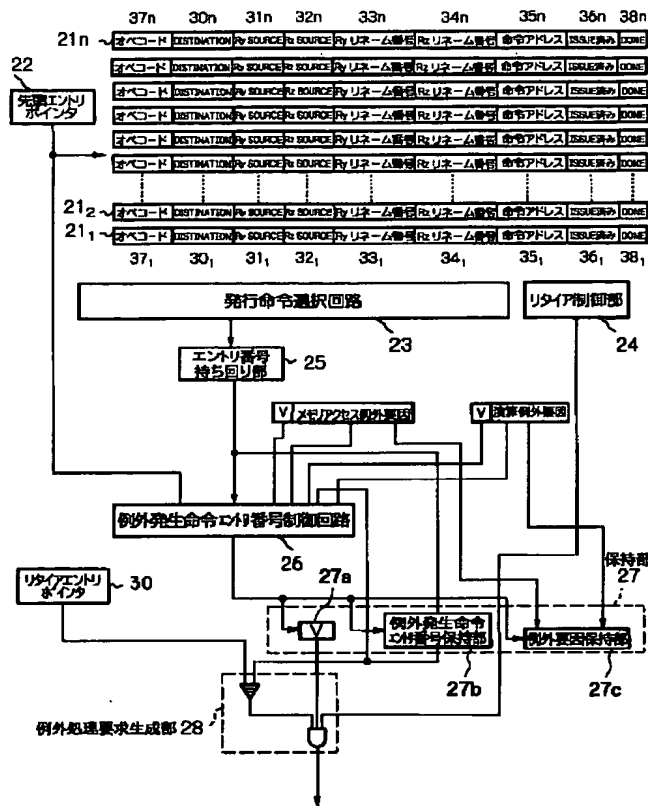
【符号の説明】

- 1 命令バッファ
- 2 リオーダバッファ制御情報部
- 3 リオーダバッファ演算結果データ部
- 4 レジスタファイル部
- 5 例外処理制御部
- 6 アドレスアダー
- 7 演算器
- 8 キャッシュメモリ
- 9 主記憶装置
- 10 リネーム処理部
- 11 命令実行処理部
- 22 先頭エントリポインタ
- 23 発行命令選択回路
- 24 リタイア制御部
- 25 エントリ番号持ち回り部
- 26 例外発生命令エントリ番号制御回路
- 27 保持部
- 28 例外処理要求生成部

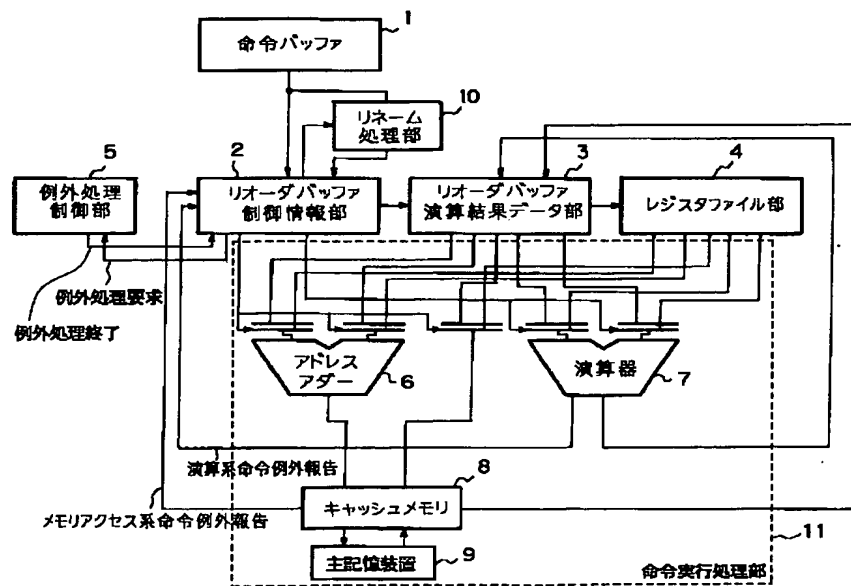
【図5】



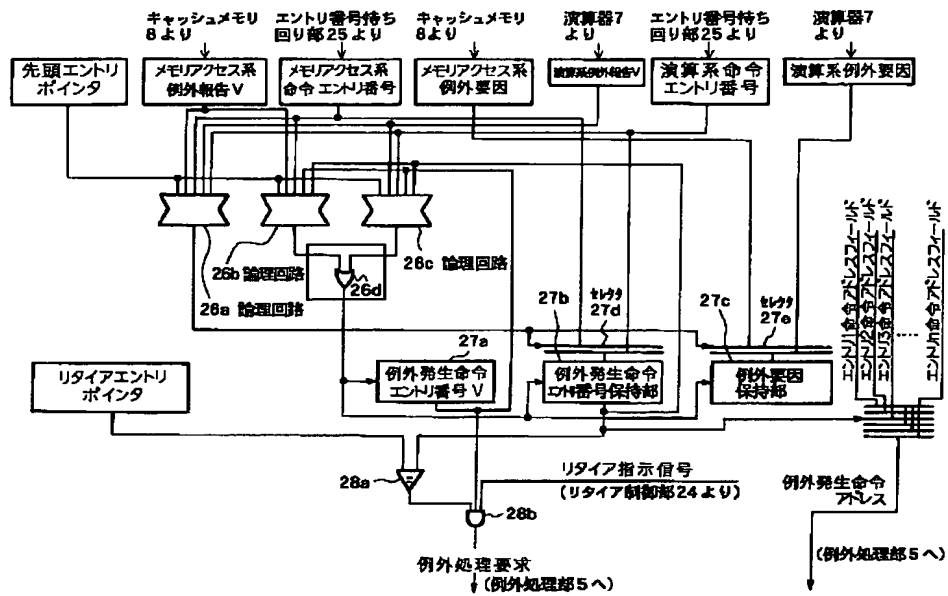
【図1】



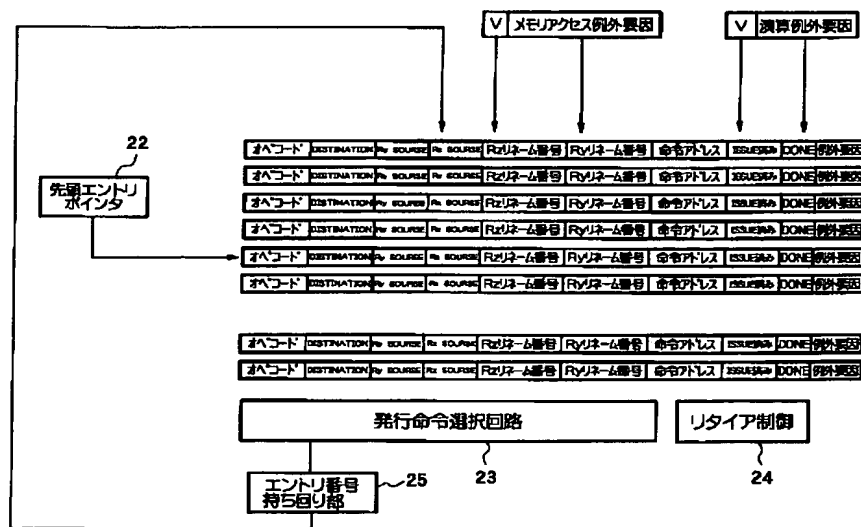
【図2】



【図 3】



【図 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**